

СЕЛЕКТИВНАЯ ЗАЩИТА ОТ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

А. И. ЗАЙЦЕВ, Л. А. ЗАСПАНОВ

(Представлено научным семинаром электромеханического факультета)

Сети с изолированной нейтралью относятся к установкам с малым током замыкания на землю. Величина этих токов определяется лишь емкостным током, который зависит от протяженности сети и величины рабочего напряжения. Численно емкостные токи могут составлять несколько ампер и доли ампера соответственно для установок высокого и низкого напряжения. Возникающее искрение в месте короткого замыкания на землю может привести в условиях химической, угольной промышленности и других к возникновению взрыва окружающей среды или пожара. Исходя из условий безопасности установки во взрывоопасной или пожароопасной среде должны иметь совершенную быстродействующую защиту от замыканий на землю.

В настоящее время общая чувствительная защита от замыканий на землю решена положительно применением реле утечки в угольной промышленности типа РУВ и чувствительных токовых схем, реагирующих на ток нулевой последовательности [1, 2, 3]. Однако при питании от одних шин нескольких потребителей существующие схемы не обладают селективным действием, если исключить хотя бы кратковременное замыкание нейтрали через токоограничивающее заземление. Селективную защиту от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью можно получить, если для этой цели использовать фазочувствительную схему, реагирующую на напряжение и ток нулевой последовательности. Предлагаемая схема селективной защиты состоит из фильтров тока и напряжения нулевой последовательности, электронной лампы и реле.

Принципиальные схемы для установок высокого и низкого напряжения приведены соответственно на рис. 1 и 2. Фильтр тока нулевой последовательности выполнен в виде кабельного трансформатора с большим числом витков вторичной обмотки, которая включается в цепь сетки электронной лампы. Необходимая мощность трансформатора тока незначительна из-за малых токов в цепи нагрузки R и C , имеющих большую величину. Фильтр напряжения для установок низкого напряжения выполняется в виде трехфазного дросселя, к нулевой точке которого подключена анодная цепь электронной лампы. В установках высокого напряжения фильтр напряжения нулевой последовательности, как известно, получается путем соединения вторичных обмоток в открытый треугольник в пятистержневых или трех однофазных трансфор-

матора напряжения. Электронная лампа включается на напряжение нулевой последовательности с обмоткой реле в анодной цепи. Эта лампа выполняет функции фазочувствительного элемента схемы и усилителя мощности нулевой последовательности. При коротких замыканиях на землю в системах с изолированной нейтралью не происходит искажения системы линейных напряжений. При металлическом коротком замыкании нулевая точка системы фазных напряжений в этом случае будет находиться под напряжением, равном фазному значению. Напряжение нулевой

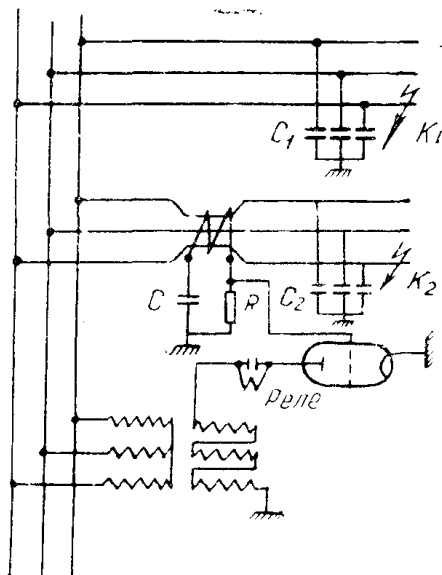


Рис. 1.

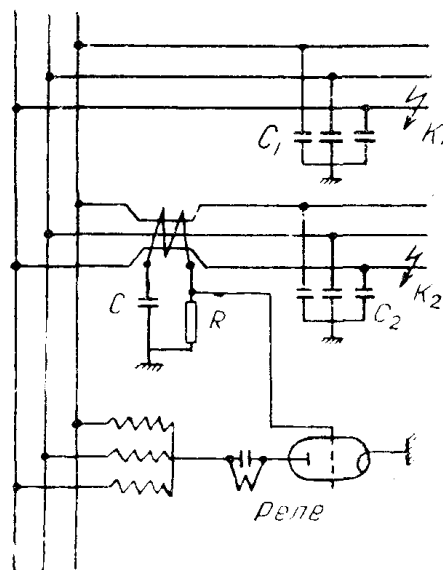


Рис. 2.

последовательности по отношению земли будет равно напряжению нулевой последовательности. Величина и направление емкостного тока определяются по отношению линейных напряжений фаз A и B при замыкании фазы C . Суммарный ток, равный току нулевой последовательности, будет равен геометрической сумме емкостных токов I_{AC} и I_{BC} и будет направлен по отношению вектора напряжения нулевой последовательности под углом 90° . Векторная диаграмма токов и напряжений при металлическом замыкании на землю в сетях с незаземленной нейтралью приведена на рис. 3. В связи с тем, что ток и напряжение нулевой последовательности сдвинуты на 90° , необходимо во вторичной обмотке трансформатора включить активное и емкостное сопротивления так, чтобы напряжение в цепи сетки, которое снимается с активного сопротивления, было сдвинуто по отношению тока нулевой последовательности на угол, близкий к 90° . При выполнении указанного условия анодное напряжение (напряжение нулевой последовательности) будет совпадать по фазе с напряжением на сетке, и ток, протекающий в анодной цепи, будет максимальным, если короткое замыкание произойдет в зоне защиты—точка K_2 на рис. 1. При замыкании вне зоны защиты в точке K_1 анодное напряжение и напряжение на сетке будут в противофазе и ток в анодной цепи—минимален.

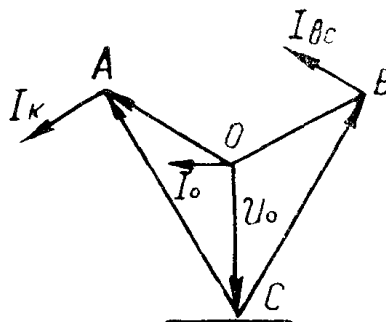


Рис. 3.

лен. Соответствующим подбором R и C можно добиться необходимой чувствительности. На рис. 4 даны кривые чувствительности защиты, равной отношению тока реле, при замыкании в зоне защиты $I_{к2}$ к току реле при замыкании вне зоны защиты $I_{к1}$ для опытной установки в функции сопротивления R в цепи сетки. Опыты проводились с лампой

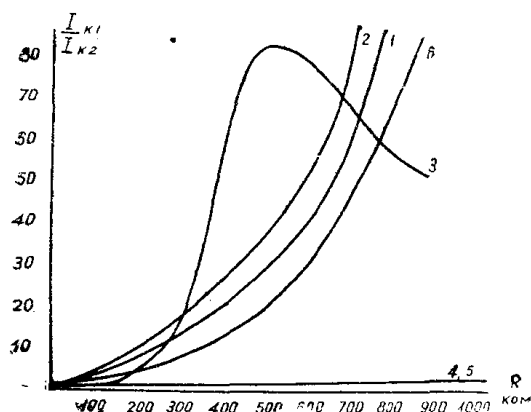


Рис. 4.

6Н8С при параллельном включении триодов. Емкость конденсатора в цепи сетки взята 0,125 мкФ. Кривые получены при исходных данных, приведенных в табл. 1.

В этой таблице значение C_2 соответствует емкости защищаемой линии и C_1 — емкости остальных линий. Приведенные кривые на рис. 4 показывают, что при соответствующих параметрах схемы можно создать селективную защиту от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью с любой чувствительностью. Если обмотку реле шунтировать конденсатором, то подбором емко-

сти можно создавать необходимые выдержки по времени. При этом условии можно создавать селективную защиту не только радиальных линий, но и для магистральных линий путем настройки защит по выдержкам времени, как это делается, например, для токовой защиты таких линий. В тех случаях, когда за счет нескольких комплектов селективных защит может понизиться общее сопротивление нулевой

Таблица 1

№ кривой	C_2	C_1	Число первичных витков трансформатора тока	Число вторичных витков трансформатора тока	Линейное напряжение сети	Сечение железа трансформатора тока
1	8	8	4	15000	120	6 см ²
2	4	8	4	15000	125	6 см ²
3	4	8	2	15000	120	6 см ²
4	4	8	1	15000	120	6 см ²
5	4	8	1	15000	220	18 см ²
6	4	8	1	12000	220	18 см ²

точки по отношению земли, а по условиям эксплуатации это снижение недопустимо, а также когда потребуется очень чувствительная схема, можно применять двухкаскадные и более схемы усиления защиты. Причем первый каскад нулевой последовательности будет работать в режиме усиления напряжения, имея в качестве нагрузки в анодной цепи лампы любое большое активное сопротивление. Последующие каскады будут работать в режиме усиления тока или мощности. Эти каскады можно питать уже от рабочей сети. На выходе таких усилителей можно практически получить любые мощности при любом значении тока замыкания на землю.

Применение схемы защиты, реагирующей на напряжение и ток нулевой последовательности, позволяет совершенно отстроиться от влияния переходных процессов, в результате чего могут появляться значительные токи небаланса. При пуске двигателя и других переход-

ных процессах, когда не происходит изменения сопротивления изоляции по отношению земли, появление тока небаланса в фильтре тока не вызовет срабатывания защиты, так как напряжение анодной цепи электронной лампы будет отсутствовать. Защита будет срабатывать только тогда, когда одновременно появятся ток и напряжение нулевой последовательности, благодаря чему исключаются ложные срабатывания защиты.

Схемы селективной защиты от замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью могут быть применены и как элементы направленной токовой защиты.

Аналогичную схему защиты можно получить на полупроводниках. Схема на полупроводниках будет обладать большей надежностью и всегда будет готова к действию.

Выводы

1. Схема защиты от замыканий на землю, одновременно реагирующая на ток и напряжение нулевой последовательности, обладает селективным действием и очень высокой чувствительностью.

2. Предлагаемую схему можно использовать как направленную токовую защиту.

3. Переходное сопротивление в месте короткого замыкания вызывает автоматический сдвиг по фазе напряжения на сетке. При соответствующей регулировке тока срабатывания реле можно устанавливать любое значение минимально допустимого сопротивления изоляции по отношению земли.

4. При установке нескольких комплектов защиты можно использовать один общий фильтр напряжения нулевой последовательности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лейбов Р. М. Утечки в шахтных электрических сетях. Углетехиздат, 1952.
 2. Бургучев С. А. Электрические станции и подстанции сельскохозяйственного назначения. Сельхозгиз, 1958.
 3. Трофимов Р. Ф. Селективная защита от замыкания на землю для шахтных участковых сетей. Горная электротехника, Углетехиздат, 1957.
-